

SIFAT DASAR DAN POTENSI KEGUNAAN KAYU SALING-SALING

(Basic Properties and Potential Uses of Saling-Saling Wood)

Mody Lempang

Balai Penelitian Kehutanan Makassar

Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 16. Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia, Kode Pos 90243

Telp. (0411) 554049, Fax. (0411) 554058

E-mail: mlempang@yahoo.com

Diterima 2 Desember 2015; revisi terakhir 17 Maret 2016; disetujui 17 Maret 2016

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk menguji sifat dasar (struktur anatomi, kimia, sifat fisis dan mekanis) kayu saling-saling (*Artocarpus teysmanii* Miq.) yang diambil dari hutan alam di Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan. Potensi kegunaan kayu ditetapkan dengan mempertimbangkan sifat dasar dan penggunaan kayu tersebut oleh penduduk setempat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kayu saling-saling memiliki teras dan gubal jelas dapat dibedakan, gubal berwarna putih kekuningan dan teras cokelat kekuningan, corak pada penampang tangensial kadang-kadang tampak pita putus-putus yang berwarna gelap, tekstur agak halus dan tidak merata, arah serat lurus kadang-kadang agak berpadu, kilap permukaan agak mengkilap, kesan raba agak kesat, kekerasan tergolong agak keras, serat sangat panjang dan tebal dinding serat sangat tipis, serat tergolong kualitas II untuk bahan baku pulp kertas. Kadar selulosa tinggi, pentosan rendah, lignin sedang, ekstraktif tinggi, abu sedang dan silika tinggi. Saling-saling tergolong kayu ringan dengan berat jenis 0,40, penyusutannya sangat rendah dan tergolong kayu kelas kuat III. Potensi penggunaan untuk bahan bangunan dengan beban ringan, perahu, mebel murah, kerajinan, vinir kayu lapis, kayu laminasi, peti pembungkus, cetakan beton, papan partikel, papan serat dan pulp kertas.

Kata kunci: Sifat dasar kayu, potensi kegunaan kayu, *Artocarpus teysmanii*

ABSTRACT

This research was carried out to examine the basic properties (anatomical structure, chemical, physical and mechanical) of saling-saling wood (*Artocarpus teysmanii* Miq.) taken from natural forest in Luwu Timur District, South Sulawesi Province. The Potential uses of this wood was determined by considering those properties and wood uses currently employed by the local inhabitants. Results revealed that saling-saling had clearly distinct heartwood and sapwood, sapwood yellowish white and heartwood yellowish brown in colour, figure on tangential sections sometimes show discontinuous dark coloured ribbons, fine or uneven texture, straight grain and sometimes rather interlocked, glossy wood surface, rough surface, and moderate in hardness, the fiber is remarkably long with very thin wall thickness, and this fiber quality is classified in class II for manufacturing paper pulp. The chemical content is composed of high cellulose, low pentose, moderate lignin, high extractive, moderate ash and high silicate. Saling-saling is a light wood with a specific gravity of 0.40, very low in shrinkage and classified as a class III wood strength. Potential uses are for light construction material, canoe/boat, cheap furniture, handicraft, veneer for plywood, laminated lumber, boxes, concrete forms, particle board, fiber board and paper pulp.

Keywords: Wood Basic properties, potential uses of wood, saling-saling

I. PENDAHULUAN

Degradasi hutan Indonesia menyebabkan potensi kayu bulat dari hutan alam terus mengalami penurunan. Di sisi lain kecenderungan pemakaian kayu akan terus meningkat, baik untuk keperluan bahan bangunan maupun bahan baku industri. Kebutuhan bahan baku industri perkayuan mencapai 60 juta m³/tahun (Tinambunan *et al.*,

2006) dan tercatat bahwa kekurangan bahan baku kayu berkualitas mencapai 70% untuk jati (Sidabutar, 2007) dan hampir 90% untuk jenis lainnya (Laban, 2005). Pada tahun 2013 kapasitas produksi Industri Primer Hasil Hutan Kayu (IPHHK) sebesar 70.013.474 m³, sementara produksi kayu bulat pada tahun yang sama hanya mencapai 23.227.012,25 m³ (KEMENHUT, 2014).

Kekurangan bahan baku kayu berkualitas untuk industri membuka peluang lebih besar untuk memanfaatkan sebanyak mungkin jenis kayu termasuk jenis kayu kurang dikenal. Namun demikian industri dalam negeri belum sepenuhnya siap menerima semua jenis kayu. Penyebabnya diantaranya adalah dari 4.000 jenis kayu yang terdapat di Indonesia baru diketahui keberadaannya saja, sedangkan sifat-sifat, cara pengolahan dan pemanfaatan dari banyak jenis kayu belum diketahui (Lempang, 2014). Dari jumlah tersebut, Mandang (2013) mencatat terdapat 133 jenis digolongkan ke dalam kelompok kayu kurang dikenal (*lesser-known wood species*) dan 577 jenis digolongkan ke dalam jenis kayu sangat tidak dikenal (*the least-known wood species*). Dalam dunia perdagangan, kayu kurang dikenal dan kurang dimanfaatkan yang berasal dari berbagai wilayah dan umumnya telah menjadi andalan setempat, berpotensi menggantikan kayu perdagangan yang telah langka (Sumarni *et al.*, 2009). Agar peran sebagai kayu pengganti tersebut terpenuhi maka perlu diidentifikasi sifat dasarnya dan kegunaannya (Suprpti dan Djarwanto, 2014).

Dalam buku Atlas Kayu Indonesia jilid I-IV disajikan risalah pohon termasuk sifat dasar kayu dari 239 jenis pohon yang meliputi jenis yang sudah dikenal maupun yang semula kurang dikenal dalam perdagangan (Muslich *et al.*, 2013). Tulisan ini menyajikan informasi hasil penelitian sifat dasar (struktur anatomi, komponen kimia, sifat fisis dan mekanis) salah satu jenis pohon kurang dikenal dari Sulawesi, yaitu kayu saling-saling (*Artocarpus teysmanii* Miq.). Sifat dasar kayu tersebut selanjutnya dikaitkan dengan informasi penggunaannya secara lokal oleh masyarakat untuk menetapkan kegunaannya. *Artocarpus* terdiri atas sekitar 50 jenis, 6 jenis diantaranya terdapat di Sulawesi. Beberapa jenis diantaranya merupakan tanaman yang penting sebagai penghasil buah atau biji yang dapat dimakan (Lemmens *et al.*, 1995; Lempang dan Suhartati, 2013). Jenis *Artocarpus* yang terdapat di Sulawesi yaitu nangka (*A. heterophyllus*), sukun (*A. communis*), cempedak (*A. integer*), bubi (*A. dasyphyllus*), tarra (*A. insisus*) dan saling-saling (*A. teysmanii*). Dari 6 jenis kayu *Artocarpus* tersebut, tiga jenis diantaranya (nangka, sukun dan cempedak) sudah pernah diteliti dan telah tersedia beberapa sifat dasar kayunya, sedangkan tiga jenis lainnya (bubi, tarra dan saling-saling) belum diteliti.

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penebangan kayu contoh uji dari kawasan hutan alam dan pengumpulan informasi penggunaan jenis kayu tersebut oleh masyarakat dilaksanakan di Malili, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Pengamatan anatomi, analisis kimia dan pengujian sifat mekanis dilakukan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan Bogor, sedangkan pengujian sifat fisis dilakukan di Balai Penelitian Kehutanan Makassar. Penelitian dilaksanakan dari bulan April sampai Nopember 2013.

B. Bahan dan Alat

Bahan baku penelitian menggunakan contoh uji jenis kayu saling-saling (*Artocarpus teysmanii* Miq.) dari famili Moraceae yang diambil dari kawasan hutan alam, dengan tinggi pohon 25,7 m, tinggi bebas cabang 13,6 m dan diameter 42,5 cm. Morfologi saling-saling disajikan dalam Gambar 1. Kayu contoh uji diambil pada bagian pangkal, tengah dan ujung batang. Sedangkan bahan kimia yang digunakan antara lain CH_3COOH , HNO_3 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, Na_2SO_3 , safranin, xylol, aquadestilata. Alat-alat yang digunakan antara lain chainsaw, cross cut saw, planner, hammer mill, microtome, mikroskop, kaliper, universal testing machine (UTM), water bath, oven, destilator dan alat-alat gelas.

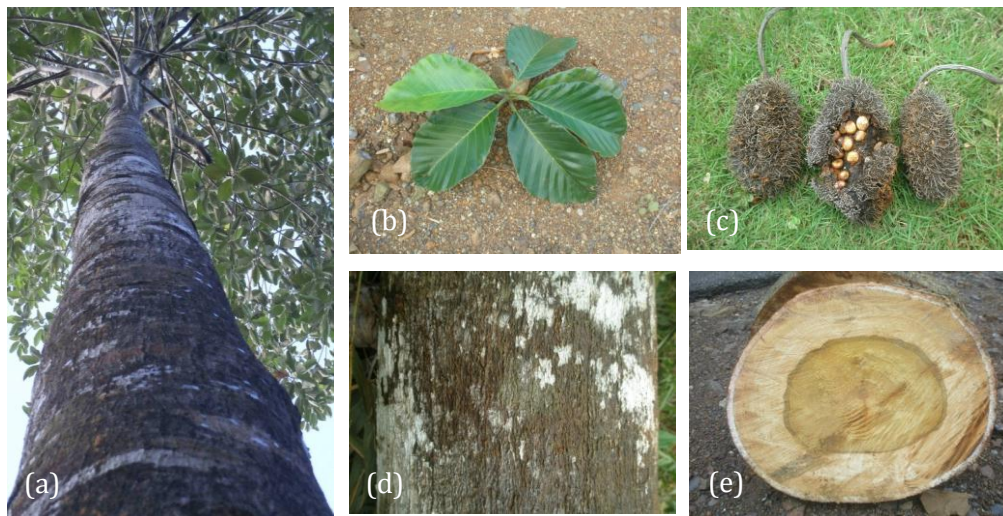
C. Prosedur Penelitian

1. Pengamatan struktur anatomi

Pengamatan struktur anatomi kayu meliputi ciri umum (makroskopis) dan ciri anatomi (mikroskopis). Contoh kayu saling-saling dalam bentuk lempengan diambil dari bagian pangkal, tengah dan ujung batang. Selanjutnya pada empat arah dari bagian teras dari masing-masing lempengan diambil beberapa cuplikan kayu. Cuplikan kayu tersebut selanjutnya dicampur dan kemudian dipilih beberapa secara acak untuk membuat preparat sayatan dan preparat maserasi. Deskripsi ciri umum kayu diamati dari penampang lintang lempengan dan contoh kayu berbentuk papan yang sudah dihaluskan permukaannya. Ciri umum kayu diamati pada contoh kayu utuh maupun yang telah diketam. Penelaahan ciri umum kayu dilakukan menurut prosedur yang disusun oleh Kartasudjana dan Martawijaya (1977), yaitu meliputi warna kayu, tekstur, arah serat, kilap,

kesan raba dan corak. Ciri anatomi kayu diamati pada preparat sayatan mikrotom penampang lintang, radial dan tangensial yang diwarnai dengan safranin. Ciri anatomi tersebut meliputi dimensi serat, dimensi pembuluh, susunan dan sebaran pembuluh, susunan parenkim, susunan dan bentuk jari-jari, adanya saluran interselular, silika, dan lain-lain sesuai yang telah dianjurkan oleh

International Association of Wood Anatomist Committee (IAWA) (Wheeler et al., 2008). Kualitas serat dinilai berdasarkan klasifikasi kualitas untuk pulp dan kertas (DJK, 1976) dengan menggunakan variabel panjang serat dan nilai turunan dimensi serat (bilangan Runkel, daya tenun, perbandingan fleksibilitas, koefisien kekakuan dan perbandingan Muhlstep).



Gambar 1. Morfologi saling-saling (*A.teysmanii*): pohon (a), daun (b), buah kering dan biji (c), kulit batang (d) dan penampang melintang batang (e).

Figure 1. Morphology of saling-saling (*A. teysmanii*): tree (a), leaf (b), dry fruit and seed (c), bark (d) and cross section of stem (e).

2. Analisis komponen kimia

Lempengan kayu yang berasal dari bagian pangkal, tengah dan ujung batang saling-saling diambil beberapa cuplikan dari bagian sentral ke kulit pada empat arah. Cuplikan tersebut kemudian dicampur dan digiling menggunakan alat giling, kemudian diayak untuk mendapatkan serbuk. Serbuk yang lolos ayakan 40 mesh dan tertahan 60 mesh digunakan untuk analisis komponen kimia, yaitu selulosa, pentosan, lignin, ekstraktif dan abu. Penetapan komponen kimia menggunakan metode kesepakatan industri pulp dan kertas Amerika (TAPPI, 1993). Kadar selulosa ditetapkan dengan standar TAPPI T15 m-58, pentosan dengan T 19 m-50, lignin dengan T13 m-45, abu dengan T15 m-58, kelarutan dalam air dingin dengan T1 m-50, kelarutan dalam air panas dengan T1 m-59, kelarutan dalam NaOH dengan T4 m-59 dan kelarutan dalam alkohol-benzena 1:2 dengan T6 m-59.

3. Pengujian sifat fisis dan mekanis

Kayu saling-saling digergaji dalam bentuk balok ukuran 6 x 6 x120 cm diambil dari

bagian teras pada pangkal, tengah dan ujung batang untuk contoh uji sifat fisis dan mekanis. Pengujian sifat fisis dan mekanis dilakukan dengan mengikuti standar industri Jepang (JIS, 2003). Pengujian sifat fisis meliputi kadar air, berat jenis dan penyusutan masing-masing mengikuti JIS Z 2101, Z 2102 dan Z 2103, sedangkan pengujian sifat mekanis meliputi keteguhan lentur statik, keteguhan tekan sejajar serat dan keteguhan tekan tegak lurus serat, keteguhan geser dan keteguhan pukul masing-masing mengikuti JIS Z 2113, Z 2111, Z 2114 dan 2116.

4. Pengumpulan data penggunaan kayu secara lokal

Informasi penggunaan kayu secara lokal dilakukan dengan cara kunjungan ke industri skala kecil (industri penggergajian, mebel, lamper sering/papan plafon, kusen dan daun pintu/jendela) serta masyarakat umum yang baru selesai atau sedang membangun rumah atau perahu di Kabupaten Luwu Timur Propinsi Sulawesi Selatan (lokasi pengambilan kayu contoh).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Struktur Anatomi

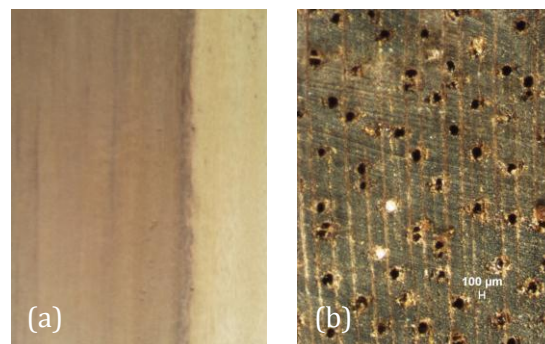
1. Ciri umum

Teras dan gubal pada kayu saling-saling (*A. teysmanii*) dapat dibedakan dengan jelas. Teras gubal 9,6 cm dan volume kayu teras 44,81%. Gubal berwarna putih kekuningan dan teras berwarna cokelat kekuningan. Corak polos, tekstur agak halus dan tidak merata, arah serat lurus kadang-kadang agak berpadu, kilap permukaan agak mengkilap, kesan raba agak kesat, kekerasan tergolong agak lunak, tidak ada bau khusus. Saling-saling merupakan salah satu jenis dari marga *Artocarpus*. Ciri umum utama kayu dari marga *Artocarpus* (Damayanti dan Mandang, 2007) antara lain teras kuning waktu segar, dan lambat laun menjadi cokelat tua, kekerasan tergolong agak keras.

2. Ciri anatomi

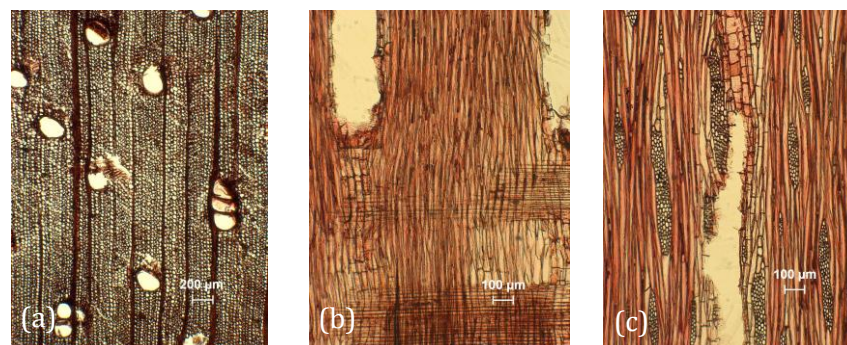
Lingkaran tumbuh tidak jelas. Pembuluh (pori) tata baur, soliter dan berganda sama banyak, berganda radial sampai dengan 2 sel, panjang pembuluh rata-rata 488,87 μm ,

diameter pembuluh rata-rata 259,59 μm , frekwensi 5 atau kurang per mm^2 , bidang perforasi sederhana, ceruk antar pembuluh selang-seling dengan ukuran sedang (7-10 μm), ceruk antar pembuluh dan jari-jari dengan halaman yang jelas, serupa dalam ukuran dan bentuk dengan ceruk antar pembuluh, endapan dijumpai berwarna hitam dan jarang. Parenkim aksial paratrakea aliform dan sepihak, tipe sel parenkim aksial empat (3-4) sel per untai. Jari-jari 1-3 seri, jari-jari besar umumnya sampai dengan 6 seri, komposisi sel jari-jari dengan 1 jalur sel tegak dan atau sel bujur sangkar marginal, frekwensi jari-jari 12 atau lebih per mm , dijumpai adanya sel seludang. Jaringan serat dasar dengan ceruk sederhana sampai berhalaman sangat kecil, serat tanpa sekat dijumpai, panjang serat rata-rata 1.800,40 μm , diameter serat rata-rata 38,69 μm , diameter lumen rata-rata 31,28 dan tebal dinding serat rata-rata 3,70 μm (tergolong sangat tipis). Struktur makro dan mikro anatomi kayu saling-saling disajikan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Struktur makro kayu saling-saling (*A. teysmanii*): penampang tangensial (a) dan penampang melintang, perbesaran 10x (b)

Figure 2. Macro structure of saling-saling wood (*A. teysmanii*): tangential surface (a) and cross section, magnification of 10x (b)



Gambar 3. Struktur mikro kayu saling-saling (*A. teysmanii*): penampang melintang, perbesaran 25x (a); penampang radial, perbesaran 50x (b); penampang tangensial, perbesaran 50x (c)

Figure 3. Micro structure of saling-saling wood (*A. teysmanii*): transversal surface, magnification of 25x (a); radial surface, magnification of 50x (b) and tangential surface, magnification of 50x (b)

3. Kualitas serat

Kayu saling-saling memiliki serat dengan panjang rata-rata 1.800,40 μm dan diameter rata-rata 38,69 μm . Serat kayu yang panjangnya lebih besar dari 1.600 μm tergolong serat sangat panjang (Wheeler *et al.*, 2008), sehingga saling-saling tergolong kayu yang memiliki serat sangat panjang. Serat dengan diameter lumen tiga kali lipat atau lebih dari tebal dua dinding serat tergolong serat dengan tebal dinding sangat tipis (Wheeler *et al.*, 2008). Oleh karena diameter lumen serat kayu saling-saling (31,28 μm) lebih tiga kali lipat dari tebal dua dinding serat (3,70 μm), maka saling-saling tergolong kayu yang memiliki serat dengan tebal dinding sangat tipis.

Peranan dimensi serat, seperti panjang dan diameter serat serta tebal dinding sel serat, mempunyai hubungan satu sama lain yang kompleks dan mempunyai pengaruh yang mendasar terhadap sifat fisik pulp dan kertas serta tujuan penggunaan lainnya (Lempang *et al.*, 2012). Pengaruh panjang serat, diameter serat dan tebal dinding sel serat terhadap kekuatan kertas secara tersendiri lebih kecil dibandingkan dengan pengaruh faktor nilai turunannya seperti bilangan kelenturan (*fleksibility ratio*), daya tenun, bilangan Rankel (*Rankel ratio*) dan bilangan Muhlsteph (*Muhlsteph ratio*). Kualitas serat kayu saling-saling sebagai bahan baku pulp dan kertas berdasarkan klasifikasi Direktorat Jenderal Kehutanan (DJK, 1976) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi kualitas serat kayu saling-saling (*A. teysmanii*) untuk bahan pembuatan pulp kertas

Table 1. Quality classification on wood fibers of saling-saling (*A. teysmanii*) as raw material for paper pulp manufacture

Penilaian dan klasifikasi (<i>Scoring and classification</i>)	Panjang Serat (<i>Fiber length</i>)	Turunan dimensi serat (<i>Fiber dimensional derivation</i>)					Total
		Bilangan Runkel (<i>Runkle ratio</i>)	Daya Tenun (<i>Felting power</i>)	Bilangan Fleksibilitas (<i>Flexibility ratio</i>)	Bilangan Muhlsteph (<i>Muhlsteph ratio</i>)	Koefisien Kekakuan (<i>Coefficient of rigidity</i>)	
Nilai (<i>Score</i>)	1.800,40 μm	0,24	46,53	0,81	34,64%	0,10	
Kelas kualitas (<i>Class of quality</i>)	75	100	50	100	75	75	475
	II	I	III	I	II	II	I

Dinding serat yang sangat tipis akan mudah dipipihkan dan serat yang sangat panjang akan menghasilkan daya tenun yang kuat. Kayu saling-saling memiliki panjang serat 1800,40 μm (sangat panjang), diameter lumen 31,28 μm dan tebal dinding serat 3,70 μm (sangat tipis). Dinding serat yang sangat tipis akan mudah dipipihkan dan serat yang sangat panjang akan menghasilkan daya tenun yang kuat. Berdasarkan nilai panjang serat dan dimensi turunan serat, kayu saling-saling tergolong memiliki serat kualitas I sebagai bahan baku pembuatan pulp kertas.

B. Komponen Kimia

Sifat kimia kayu berkaitan dengan kandungan zat kimia dalam kayu. Kimia kayu atau komponen kimia penyusun kayu dibutuhkan keberadaannya dalam industri kimia yang mengolah kayu (industri rayon, seluloid, pulp dan kertas dan sebagainya) (Kasmudjo, 2010) dan menentukan kesuaian penggunaan kayu untuk tujuan menghasilkan produk tertentu (Sokanandi *et al.*, 2014). Hasil

analisis kadar komponen kimia kayu saling-saling disajikan dalam Tabel 2.

Kadar selulosa saling-saling (40,12%) tergolong sedang (40-44%) dan relatif sama dengan selulosa kayu cempedak (*A. integer*) yang besarnya 42,53% (Lempang dan Suhartati, 2013). Selulosa merupakan bahan dasar untuk rayon, pulp, kertas dan derivat selulosa seperti nitro selulosa, selulosa asetat, selulosa alkali, etil selulosa dan sebagainya. Selulosa juga merupakan zat yang mendukung kekuatan kayu, sehingga keberadaannya sangat menentukan manfaat kayu untuk pertukangan. Kandungan selulosa dalam kayu dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya rendemen pulp yang dihasilkan dalam proses *pulping*, dimana semakin besar kadar selulosa dalam kayu maka semakin besar pula rendemen pulp yang dihasilkan (Casey, 1980 dalam Syafii dan Siregar, 2006). Lignin merupakan zat yang keras, lengket, kaku dan mudah mengalami oksidasi (Kasmudjo, 2010). Lignin dibutuhkan pada kayu dengan tujuan konstruksi karena dapat

meningkatkan kekerasan/kekuatan kayu, tetapi tidak dibutuhkan di dalam industri kertas karena lignin sangat sulit dibuang dan menyebabkan produk kertas berwarna cokelat. Kadar lignin berpengaruh pada banyaknya pemakaian bahan kimia dalam pembuatan

pulp dengan proses kimia. Apabila dihubungkan dengan klasifikasi komponen kimia kayu daun lebar Indonesia, kadar lignin kayu saling-saling (24,85%) tergolong sedang (18-32%).

Tabel 2. Komponen kimia kayu saling-saling (*A. teysmanii*)

Table 2. Wood chemical of saling-saling (*A. teysmanii*)

Komponen kimia (Chemical components)	Kadar (Content) %	Standar deviasi (Standard of deviation)	Klasifikasi (Classification)
Selulosa (<i>Cellulose</i>)	40,12	± 0,76	Sedang (Moderate)
Pentosa (<i>Pentose</i>)	20,28	± 0,28	Rendah (Low)
Lignin	24,85	± 0,52	Sedang (Moderate)
Ekstraktif (<i>Extractive</i>):			
Kelarutan dalam air dingin (<i>Solubility in cold water</i>)	1,34	± 0,16	-
Kelarutan dalam air panas (<i>Solubility in hot water</i>)	4,40	± 0,40	-
Kelarutan dalam alkohol-benzena 1:2 (<i>Solubility in alchohol-benzene 1:2</i>)	6,52	± 0,35	Tinggi (High)
Kelarutan dalam NaOH 1% (<i>Solubility in NaOH 1%</i>)	8,19	± 0,31	-
Abu (<i>Ash</i>)	5,21	± 0,32	Sedang (Moderate)
Silika (<i>Silicate</i>)	4,95	± 0,26	Tinggi (High)

Keterangan: Klasifikasi berdasarkan komponen kimia kayu daun lebar Indonesia, DJK (1976).

Remark: Classification based on chemical content of Indonesia hardwood, DJK (1976).

Kadar pentosan kayu saling-saling sebesar 20,28% tergolong rendah (< 21%). Kadar pentosan yang rendah sangat diharapkan dalam pembuatan pulp untuk rayon dan turunan selulosa. Kandungan pentosan yang tinggi dapat menyebabkan kerapuhan benang rayon yang dihasilkan.

Ekstraktif merupakan zat pengisi rongga sel dan merupakan kumpulan banyak zat seperti gula, pati, tanin, pektin, zat warna kayu, asam-asam, minyak-minyak, lemak dan sebagainya (Kasmudjo, 2010). Kadar ekstraktif kayu saling-saling yang terlarut dalam alkohol-benzena 1:2 sebesar 6,52% tergolong tinggi (> 3%) dan lebih tinggi daripada ekstraktif kayu dari marga yang sama jenis cempedak yang besarnya 5,98% (Lempang dan Suhartati, 2013). Jumlah ekstraktif di dalam kayu sekitar 2-8%, tetapi ada juga yang melebihi 8%. Penggunaan kayu untuk tujuan pertukangan disarankan mempunyai kandungan ekstraktif lebih dari 3%, tetapi untuk tujuan pulp bisa 3% atau kurang (Kasmudjo, 2010). Ekstraktif berpengaruh terhadap warna, keawetan dan sifat perekatan. Ekstraktif juga berpengaruh

pada konsumsi bahan kimia yang diperlukan dalam proses *pulping* serta dapat menyebabkan *pitch-problem* yaitu terjadi bintik-bintik pada lembaran pulp yang dihasilkan (Syafii dan Siregar, 2006)

Kelarutan dalam NaOH 1% untuk kayu saling-saling sebesar 8,19%. Kelarutan dalam NaOH 1% ini memberikan gambaran adanya kerusakan kayu yang diakibatkan oleh serangan jamur pelapuk kayu atau terdegradasi oleh cahaya, panas dan oksidasi (Pari *et al.*, 2006). Semakin tinggi kelarutan dalam NaOH, tingkat kerusakan kayu juga meningkat dan dapat menurunkan rendemen pulp.

Kadar abu kayu saling-saling (5,21%) tergolong sedang (0,22-6,00%). Komponen yang terdapat dalam abu diantaranya adalah K₂O, MgO, CaO dan Na₂O (Lempang *et al.*, 2008). Kadar abu yang tinggi tidak diharapkan dalam pembuatan pulp, karena dapat mempengaruhi kualitas kertas. Silika dalam kayu merupakan butir yang tersusun dari silikon dioksida (SiO₂) yang bentuknya membundar tak teratur, biasanya terdapat

pada sel jari-jari atau sel parenkim aksial dan jarang terdapat dalam sel serat (Wheeler *et al.*, 2008). Kadar silika kayu saling-saling (4,95%) tergolong sangat tinggi. Kandungan silika dalam kayu keras (daun lebar) pada daerah tropis umumnya lebih dari 0,5%, pada beberapa jenis bisa lebih dari 2% (Shmulsky and Jones, 2011). Kadar silika yang lebih dari 0,3% dalam kayu dapat menupulkan alat pemotong kayu. Hal ini dapat dibuktikan di lapangan pada saat dilakukan penggergajian kayu saling-saling, dimana mata rantai *chain*

saw yang digunakan selalu diasah menggunakan kikir karena cepat tumpul.

C. Sifat Fisis

Sifat fisis kayu adalah spesifik karena peranan faktor dalam (*inheren factor*) daripada struktur kayu sangat menentukan, disamping peranan lingkungan dimana kayu tersebut berada (digunakan). Tiga sifat fisis kayu yang dianggap mendasar yaitu kadar air, penyusutan dan berat jenis kayu (Kasmudjo, 2010). Hasil pengujian sifat fisis kayu saling-saling disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Sifat fisis kayu saling-saling (*A. teysmanii*)
Table 3. Wood physical properties of saling-saling (*A. teysmanii*)

Sifat fisis (Physical properties)	Satuan (Unit)	Rata-rata (Average)	Standar deviasi (Standard of deviation)
Kadar air basah (<i>Green moisture content</i>)	%	196,77	± 8,45
Kadar air kering udara (<i>Air dry moisture content</i>)	%	13,13	± 0,85
Berat jenis nominal basah (<i>Nominal green specific gravity</i>)	-	0,35	± 0,02
Berat jenis kering udara (<i>Air dry specific gravity</i>)	-	0,40	± 0,02
Kerapatan (<i>Density</i>)	g/cm ³	0,37	± 0,02
Penyusutan dari keadaan basah ke kering udara: (<i>Shrinkage from green to air dry</i>)			
- Radial	%	1,04	± 0,35
- Tangensial (<i>Tangential</i>)	%	1,45	± 0,34
Penyusutan dari keadaan basah ke kering tanur: (<i>Shrinkage from airdry to oven dry</i>)			
- Radial	%	2,65	± 0,97
- Tangensial (<i>Tangential</i>)	%	3,78	± 0,98

Di dalam kayu yang baru ditebang (kayu segar) maka kondisi kadar air adalah maksimum yang umumnya di atas 40% untuk kayu daun lebar, sedangkan kadar air kering udara di Indonesia rata-rata 10-18%. Kayu saling-saling yang masih segar (basah) berkadar air 198,77% tergolong tinggi, sehingga pada saat batang digergaji menjadi balok atau papan harus cepat dikeringkan agar tidak terserang jamur noda (*blue stain*). Tebal dinding serat, jumlah dan diameter sel pembuluh, maupun jumlah sel parenkim menentukan kerapatan kayu. Tebal dinding serat kayu saling-saling (3,70 µm) tergolong sangat tipis, diameter sel pembuluh (259,59 µm) tergolong sangat besar akan tetapi jumlah sel pembuluhnya tergolong sedikit (5 atau kurang per mm²). Oleh karena itu, kayu saling-saling memiliki kerapatan 0,37 g/cm³ yang tergolong rendah. Karena kayu saling-saling memiliki tebal dinding serat yang tergolong sangat tipis, sehingga penyusutan kayu tersebut dari keadaan basah ke kering udara pada arah tangensial yang besarnya 1,45% tergolong sangat rendah (< 1,5%) dengan rasio penyusutan dimensi arah

tangensial terhadap arah radial (rasio T/R) sebesar 1,39. Berat jenis, struktur anatomi dan ratio T/R memengaruhi sifat pengeringan kayu (Basri *et al.*, 2009; Lempang, 2014). Kayu dengan berat jenis rendah, dinding sel serat tipis dan diameter sel pembuluh besar memiliki sifat mudah dikeringkan. Kayu dengan rasio T/R di atas 2 memiliki cacat pengeringan (terutama cacat bentuk) lebih banyak dibandingkan dengan kayu dengan rasio T/R seimbang atau kurang dari 2 (Basri *et al.*, 2009). Hal ini mengindikasikan jika saling-saling adalah jenis kayu yang mudah dikeringkan, memiliki dimensi stabil sehingga pada saat dikeringkan cacat pengeringan tidak terjadi atau sangat sedikit.

D. Sifat Mekanis

Sifat mekanis kayu sering disebut juga dengan kekuatan kayu, yaitu sifat-sifat kayu yang dihubungkan dengan kemampuan kayu dalam menahan suatu beban atau muatan yang diberikan kepada kayu tersebut. Hasil pengujian sifat mekanis kayu saling-saling yang dilakukan pada kondisi kering udara. disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Sifat mekanis kayu saling-saling (*A. teysmanii*)

Table 4. Wood mechanical properties of saling-saling (*A. teysmanii*)

Sifat Mekanis (<i>Mechanical properties</i>)	Satuan (<i>Unit</i>)	Rata-rata (<i>Average</i>)	Standar deviasi (<i>Standard of deviation</i>)
Keteguhan lentur pada batas proporsi (<i>Bending strength at proporsional limit</i>)	kg/cm ²	424,21	± 46,17
Keteguhan lentur pada batas patah (<i>Bending strength at failure</i>), MOR	kg/cm ²	609,60	± 32,84
Modulus elastisitas (<i>Modulus of elasticity</i>)	kg/cm ²	63.931,42	± 8.916,99
Keteguhan tekan sejajar serat (<i>Compressive strength parallel to the grain</i>)	kg/cm ²	377,32	± 43,26
Keteguhan tekan tegak lurus serat (<i>Compressive strength perpendicular to the grain</i>)	kg/cm ²	31,76	± 3,60
Keteguhan geser sejajar serat (<i>Shearing strength parallel to the grain</i>)	kg/cm ²	66,21	± 7,13
Keteguhan pukul (<i>Impact bending strength</i>)	kgm/dm ³	28,34	± 5,35

Keterangan: MOR = Modulus patah

Remark: MOR = Modulus of rupture

Pada umumnya klasifikasi kekuatan kayu di Indonesia didasarkan pada berat jenis, dan sifat mekanis tertentu seperti keteguhan lentur pada batas patah (keteguhan lentur maksimum) dan keteguhan tekan sejajar serat kayu dalam kondisi kering udara. Sifat mekanis lainnya juga penting diketahui terkait dengan pengolahan dan pemanfaatan kayu untuk keperluan tertentu. Kekuatan setiap jenis kayu selalu berbeda-beda, sehingga kekuatan kayu diklasifikasikan dalam lima kelas kuat (kelas

kuat I-V). Kekuatan kayu tergantung pada beberapa faktor, antara lain suhu lingkungan, struktur anatomi kayu, berat jenis, kadar air, lamanya pemberian gaya/muatan, umur pohon dan kecepatan tumbuhnya (Kasmudjo, 2010). Untuk menetapkan kelas kuat kayu saling-saling, maka dilakukan klasifikasi kekuatan dengan menggunakan hubungan antara nilai berat jenis kering udara dengan keteguhan lentur pada batas patah dan keteguhan tekan sejajar serat disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi kekuatan kayu saling-saling (*A. teysmanii*)

Table 5. Wood strength classification of saling-saling (*A. teysmanii*)

Sifat kayu (<i>Wood properties</i>)	Satuan (<i>Unit</i>)	Rata-rata (<i>Average</i>)
Berat jenis kering udara (<i>Air dry specific gravity</i>)	-	0,40
Keteguhan lentur pada batas patah (<i>Bending strength at failure</i>), MOR	kg/cm ²	609,60
Keteguhan tekan sejajar serat (<i>Compressive strength parallel to the grain</i>)	kg/cm ²	377,32
Kelas kuat (<i>Strength class</i>)	-	III

Keterangan: MOR = Modulus patah

Remark: MOR = Modulus of rupture

Hasil klasifikasi kekuatan kayu pada Tabel 5 menunjukkan bahwa saling-saling tergolong kayu kelas kuat III. Hal ini menjelaskan jika kayu tersebut digunakan sebagai komponen struktural pada bangunan, maka hanya cocok untuk komponen struktural dengan beban ringan.

E. Potensi Kegunaan

Hasil kajian membuktikan bahwa masing-masing produk yang akan dibuat menuntut persyaratan yang berbeda. Ini berarti tidak

semua jenis kayu cocok digunakan untuk satu jenis produk dan tidak semua jenis produk berkualitas tinggi dapat dibuat hanya dari satu jenis kayu saja. Yang harus diperhatikan adalah kesesuaian antara sifat kayu dengan jenis produk yang akan dibuat (tujuan) dan dengan proses pengolahan yang akan diaplikasikan (Wahyudi, 2013).

Dalam berbagai penggunaan kayu, kekuatan kayu sangat penting untuk diketahui, terutama jenis-jenis kayu yang diperdagangkan dan kegunaannya untuk

konstruksi (bangunan) (Kasmudjo, 2010). Kayu saling-saling memiliki berat jenis 0,40 dan tergolong kayu kelas kuat III. Berdasarkan sifat dasar yang dimiliki dan informasi penggunaan kayu secara lokal oleh masyarakat, kayu saling-saling dapat digunakan untuk bahan bangunan dengan beban ringan (kaso, reng, dinding, langit-langit/plafon dan *lis plank*). Dari hasil wawancara penggunaan kayu secara lokal oleh masyarakat diketahui bahwa kayu saling-saling tahan terhadap organisme perusak kayu bila penggunaannya berhubungan dengan tanah, pada tempat terbuka dan lembab, serta sangat baik digunakan untuk membuat perahu (kano). Saling-saling juga dapat digunakan untuk mebel murah, kerajinan (peralatan dapur), kayu komposit (kayu lapis, papan partikel, papan semen, papan serat), pulp dan kertas, *pallet*, peti pembungkus dan cetakan beton.

Kayu untuk mebel berdasarkan SNI 01-0608-1989 minimum kayu kelas kuat III dengan berat jenis (BJ) antara 0,40-0,60 (Krisdianto dan Dewi, 2012), bertekstur agak halus sampai sangat halus (Kasmudjo, 2010), mudah dikerjakan, dimensi stabil, serta memiliki nilai dekoratif atau penampilan yang indah (Martawijaya *et al.*, 2005; Prayitno, 2007). Saling-saling tergolong kayu yang kurang dekoratif (corak polos), memiliki berat jenis 0,40 dan tergolong kelas kuat III, penyusutan rendah, dimensinya stabil, tekstur agak halus, kilap permukaan agak mengkilap, kesan raba agak kesat, kekerasan tergolong sedang, sehingga hanya cocok untuk pembuatan mebel murah.

Kayu untuk bahan baku industri kerajinan/industri kreatif adalah jenis kayu yang berasal dari jenis pohon cepat tumbuh sehingga mudah didapat dan harganya murah, kerapatan kayu rendah sehingga mudah dikerjakan, lebih disenangi kayu yang berwarna terang, tekstur kayu tergolong halus sampai moderat, serat lurus, permukaan rata dan sangat diharapkan yang mempunyai dekoratif unik (Pandit *et al.*, 2011). Kayu saling-saling memiliki corak polos, tekstur agak halus, arah serat lurus kilap permukaan agak mengkilap, kekerasan tergolong agak lunak dan kerapatan kayu rendah ($0,37 \text{ g/cm}^3$), sehingga cocok untuk bahan baku industri kerajinan.

Kayu untuk bahan baku produksi vinir pada umumnya menggunakan kayu yang memiliki kerapatan $0,40\text{-}0,70 \text{ g/cm}^3$, yang terbaik kayu yang memiliki kerapatan $0,50\text{-}$

$0,55 \text{ g/cm}^3$. Saling-saling memiliki kerapatan $0,37 \text{ g/cm}^3$ dan sifat kekerasan yang tergolong agak lunak, sehingga akan mudah dikupas dalam kondisi dingin tanpa mendapatkan perlakuan pemanasan melalui proses perebusan atau penguapan. Kayu saling-saling bertekstur agak halus, arah serat lurus, permukaan kayu agak mengkilap dan kesan raba agak kesat, sehingga vinir yang dihasilkan dari kayu ini dapat digunakan baik untuk vinir tengah maupun vinir muka pada produk kayu lapis.

Sifat terpenting dari kayu yang berpengaruh terhadap kesesuaian bahan baku kayu untuk papan partikel adalah berat jenis. Kayu yang cocok untuk papan partikel adalah kayu yang memiliki berat jenis rendah hingga sedang. Kisaran berat jenis kayu yang pernah dibuat dan menghasilkan papan partikel yang memuaskan adalah antara $0,40\text{-}0,72$ (Prabawa, 2005). Berdasarkan hal tersebut maka kayu saling-saling dengan berat jenis 0,40 cocok bila digunakan untuk bahan baku papan partikel. Selain untuk papan partikel, juga berpotensi untuk bahan baku produk panel berserat seperti papan serat berkerapatan tinggi (*Hardboards*) dan papan serat berkerapatan sedang (*Medium Density Fiberboards-MDF*).

Berdasarkan kriteria IAWA (Wheeler *et al.*, 2008) berat jenis kayu dibedakan dalam tiga kelompok yaitu rendah ($< 0,40$), sedang ($0,40\text{-}0,75$) dan tinggi ($> 0,75$). Berat jenis kayu yang digunakan untuk pulp berkisar antara $0,35\text{-}0,65$ (Parhan, 1983 dalam Haroen, 2006). Kayu dengan berat jenis tinggi akan menghasilkan rendemen pulp yang tinggi, akan tetapi menghabiskan lebih banyak bahan kimia dalam proses pulping, sehingga dibutuhkan kayu dengan berat jenis sedang untuk tujuan pulp (Pasaribu *et al.*, 2008). Selanjutnya menurut Kasmudjo (2010) secara umum kayu dengan berat jenis $0,40\text{-}0,60$ menghasilkan rendemen pulp dan kertas yang optimal. Berat jenis kayu tropis berpengaruh pada proses pemasakan pulp sulfat, terutama terhadap rendemen pulpnya. Semakin tinggi berat jenis kayu semakin rendah rendemen pulp, kematangan pulp (bilangan Kappa/bilangan permanganat tinggi) dan sifat fisik lembaran pulp yang dihasilkan (Haroen, 2006). Kayu tropis yang berat jenisnya kurang dari 0,7 memiliki sifat fisik lembaran pulp seperti panjang putus, indeks retak, indeks sobek dan ketahanan lipat yang baik. Kayu saling-saling memiliki berat jenis 0,40 ($< 0,7$), kadar selulosa sedang (40,12%) dan kualitas serat kelas I, sehingga jika digunakan sebagai bahan

baku pembuatan pulp dengan menggunakan proses pemasakan pulp sulfat, diduga dapat menghasilkan pulp dengan rendemen sedang serta kematangan dan sifat fisik lembaran pulp baik.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kayu saling-saling (*Artocarpus teysmanii* Miq.) memiliki gubal berwarna putih kekuningan dan teras berwarna cokelat kekuningan, batas antara teras dan gubal jelas, corak polos, tekstur agak halus dan tidak merata, serat lurus dan kadang-kadang agak berpadu, kilap permukaan agak mengkilap, kesan raba agak kesat, kekerasan tergolong agak lunak. Lingkaran tumbuh tidak jelas. Pembuluh tata baur, soliter dan berganda sama banyak, berganda radial sampai dengan 2 sel, panjang pembuluh rata-rata 488,87 μm , diameter pembuluh rata-rata 259,59 μm , frekwensi 5 atau kurang per mm^2 , bidang perforasi sederhana. Parenkim aksial paratrakea aliform dan sepihak, tipe sel parenkim aksial empat (3-4) sel per untai. Jari-jari 1-3 seri, jari-jari besar umumnya sampai dengan 6 seri, komposisi sel jari-jari dengan 1 jalur sel tegak dan atau sel bujur sangkar marjinal, frekwensi jari-jari 12 atau lebih per mm . Jaringan serat dasar dengan ceruk sederhana sampai berhalaman sangat kecil, panjang serat 1.800,40 μm (sangat panjang), diameter serat 38,69 μm , diameter lumen 31,28 dan tebal dinding serat 3,70 μm , serat tergolong kualitas I untuk bahan baku pulp kertas. Kadar selulosa 40,12% (sedang), pentosan 20,28% (rendah), lignin 24,85% (sedang), ekstraktif 6,52% (tinggi), abu 5,21% (sedang) dan silika 4,95% (tinggi). Berat jenis 0,40 (sedang), penyusutan sangat rendah dan tergolong kayu kelas kuat III. Potensi kegunaan antara lain untuk bahan bangunan dengan beban ringan, perahu, mebel murah, kerajinan (peralatan dapur), kayu komposit (kayu lapis, papan partikel, papan semen, papan serat), pulp kertas, *pallet*, peti pembungkus dan cetakan beton.

B. Saran

Pohon saling-saling (*Artocarpus teysmanii* Miq.) di alam liar, ditemukan tumbuh pada hutan primer dan sekunder, pada tanah darat atau tanah rawa. Regenerasi alami dengan biji cukup mudah dan tumbuh sebagai pionir pada lahan hutan yang baru dibuka. Sifat dasar kayunya tidak begitu baik (tekstur agak halus dan tidak merata, kesan raba agak kesat,

kekerasan tergolong agak lunak, kerapatan rendah dan kelas kuat III) sehingga penggunaannya dalam bentuk kayu solid untuk pertukangan sangat terbatas. Namun demikian, sifat dasarnya menunjukkan bahwa saling-saling cukup berpotensi untuk digunakan dalam pembuatan produk kayu komposit. Oleh karena itu pengolahan kayu saling-saling menjadi produk kayu komposit (kayu lapis, papan partikel, papan semen, papan serat) dan pulp kertas masih perlu dilakukan untuk melengkapi hasil penelitian yang telah ada.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Albert D. Mangopang S.Hut. dan Hajar S.Hut yang telah ikut membantu dalam pencarian dan pengambilan kayu saling-saling yang digunakan sebagai contoh uji dalam penelitian ini. Ucapan yang sama kami tujukan kepada peneliti dan laboran di Pusat Litbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan Bogor antara lain Ir. Sri Rulliaty MSc., Ir. Abdurachman dan Dadang Setiawan yang telah membantu dalam pengamatan struktur anatomi, pengujian sifat mekanis dan analisa komponen kimia kayu saling-saling.

DAFTAR PUSTAKA

- Basri, E., Saefuddin, Rulliaty, S. and Yuniarti, K. (2009). Drying conditions for 11 potential Ramin substitutes. *Journ. Of Tropical Forest Science*, 21(4), 328-335.
- Damayanti, R. dan Mandang, Y. I. (2007). *Pedoman Identifikasi Jenis Kayu Kurang Dikenal*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.
- [DJK] Direktorat Jenderal Kehutanan. (1976). *Vademecum Kehutanan Indonesia*. Jakarta: Direktorat Jenderal Kehutanan, Departemen Pertanian.
- Haroen, W.K. (2006). Variabilitas massa jenis kayu daun lebar tropis terhadap karakter serat, kimia dan pulp sulfat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 4(2), 71-76.
- [JIS] Japan Industrial Standard. (2003). *Standard methods of testing small clear specimens of timber*. Tokyo, Japan: Japan Industrial Standard.
- Kartasudjana I. dan Martawijaya, A. (1977). *Ciri Umum, Sifat dan Kegunaan Jenis-Jenis Kayu Indonesia*. (Publikasi khusus No. 41). Bogor: Lembaga Penelitian Hasil Hutan.
- Kasmudjo. (2010). *Teknologi Hasil Hutan*. Yogyakarta: Cakrawala Media.

- [KEMENHUT] Kementerian Kehutanan, (2014). *Statistik Kementerian Kehutanan Tahun 2013*. Jakarta: Kementerian Kehutanan.
- Krisdianto dan Dewi, L.M. (2012). *Jenis Kayu Untuk Mebel*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan.
- Laban, B.Y. (2005). Prospek Produk Industri Hasil Hutan Indonesia. *Paper dalam Seminar Kesiapan Indonesia dalam implementasi ISPM # 15: Solid Wood Packaging Material*. Pusat Standardisasi dan Lingkungan. Sekjen. Departemen Kehutanan. Jakarta, 27 April.
- Lemmens, R.H.M.J., I. Soerianegara and W.C. Wong (eds.). (1995). *Plant Resources of South-East Asia 5 (2) Timber trees: Minor commercial timbers*. Bogor-Indonesia: Prosea.
- Lempang, M., Pari, G. dan Asdar, M. (2008). Analisis Kimia dan Destilasi Kering Kayu Kumea Batu. *Buletin Hasil Hutan*, 14(1), 45-52.
- Lempang, M., Asdar, M. dan Rulliaty, S. (2012). Struktur anatomi, sifat fisis dan mekanis kayu kambelu (*Buxus rolfie* Vidal.) dan kanduruan (*Phoebe cuneata* Blume) asal hutan alam di Sulawesi Barat. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 31(1), 27-35.
- Lempang, M. dan Suhartati, (2013). Potensi pengembangan cempedak (*Artocarpus integer* Merr.) pada hutan tanaman rakyat ditinjau dari sifat kayu dan kegunaannya. *Info Teknis Eboni*, 10(2), 69-83.
- Lempang, M. (2014). Sifat Dasar dan Potensi Kegunaan Kayu Jabon Merah. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 3(2), 163-175.
- Mandang, Y.I. (2013). *Xylarium bogoriense* dan peranannya dalam penelitian anatomi dan pengenalan aneka jenis kayu Indonesia. *Makalah Diskusi Anatomi Kayu Indonesia* (Bogor, tanggal 3-4 Juni 2013). Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan.
- Martawijaya, A., I. Kartasudjana, Y.I. Mandang, S.A. Prawira dan K. Kadir (2005). *Atlas Kayu Indonesia Jilid II*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.
- Muslich, M., Wardani, M., Kalima, T., Rulliaty, S., Darmayanti, R., Hajib, N., Pari, G., Suprapti, S., Iskandar, M. I., Abdurachman, Basri, E., Heriansyah, I. dan Tata, H. L. (2013). *Atlas Kayu Indonesia Jilid IV*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan.
- Pandit, I.K.N., Nandika, D. dan Darmawan, I.W. (2011). Analisis sifat dasar kayu hasil hutan tanaman rakyat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 16(2), 119-124.
- Pasaribu, G., Syahwalita dan Sipayung, B. (2008). Sifat anatomi empat jenis kayu kurang dikenal di Sumatera. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 26(1), 16-29.
- Pari, G., Roliadi, H., Setiawan, D. dan Saepuloh. (2006). Komponen kimia sepuluh jenis kayu dari Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 24(2), 89-101.
- Prabawa, S. B. (2005). Sifat Fisik dan Dimensi Serat Kayu Mangium berumur empat tahun dari daerah Sebulu, Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 23(5), 339-348.
- Prayitno, T.A. (2007). *Pertumbuhan dan Kualitas Kayu*. *Lecture Note Program Magister Riset S2*. Yogyakarta: Fakultas Kehutanan Universitas Gadjadara.
- Shmulsky, R. and Jones, P. D. (2011). *Forest Products and Wood Science: An Introduction*, Sixth Edition. West Sussex, UK: John Wiley & Sons Ltd. Chichester.
- Sidabutar, J. H. (2007). *Perancangan arsitektur strategik di perusahaan furniture panel wood PT. Cahaya Sakti Furintraco* (Tesis). Program Magister Bisnis. Bogor: Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. (Tidak diterbitkan).
- Sokanandi, A., Pari, G., Setiawan, D. dan Soepuloh. (2014). Komponen kimia sepuluh jenis kayu kurang dikenal: Kemungkinan penggunaannya sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 37(3), 209-220.
- Sumarni, G., Muslich, M., Hajib, N., Krisdianto, Malik, D., Suprapti, S., Basri, E., Pari, G., Iskandar, M. I. dan Siagian, R. M. (2009). *Sifat dan kegunaan kayu: 15 jenis kayu andalan setempat Jawa Barat*. 88 hal. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Bogor.
- Suprapti, S. dan Djarwanto. (2014). Ketahanan lima jenis kayu asal Ciamis terhadap sebelas strain jamur pelapuk. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 32(3), 189-198.
- Syafii, W. dan Siregar, I. Z. (2006). Sifat kimia dan dimensi serat kayu mangium (*Acacia mangium* Willd.). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 4(1), 28-32.
- [TAPPI] Treaty of American Pulp and Paper Industry. (1993). *Tappi test methods*. Georgia: TAPPI Press. Atlanta.
- Tinambunan, D., R. Sudrajat, O. Rachman, G. Sumarni, B. Wiyono dan Suhariyanto (Penyunting). (2006). *Penyelamatan Industri Kehutanan Melalui Implementasi Hasil Ristek*. Prosiding Seminar Hasil Litbang Hasil Hutan (Bogor, 30 November 2005). Bogor: Puslitbang Hasil Hutan.
- Wahyudi, I. (2013). Hubungan struktur anatomi kayu dengan sifat kayu, kegunaan dan

pengolahannya. *Makalah Diskusi Anatomi Kayu Indonesia* (Bogor, tanggal 3-4 Juni 2013). Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan.

Wheeler, E.A., Baas, P. and E.Gasson, E. (2008). Ciri Mikroskopik Untuk Identifikasi Kayu Daun Lebar. Alih bahasa Sulistyobudi, A., Y.I, Mandang, R.Damayanti dan S. Ruliaty dari judul asli *IAWA list of microscopic features for hardwood identification*. *IAWA Bulletin*, 10(3), 219-332.